

10/531403  
POSE 03 / 01556

PRV PTO

11 APR 2003

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

Intyg  
Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande ABB AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0202974-2  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-10-09  
Date of filing

REC'D 24 OCT 2003

WIPO PCT

Stockholm, 2003-10-14

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

Lisa Junegren

Avgift  
Fee

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

JON ijn

Sökande: ABB AB

5

***Omriktare samt förfarande för styrning av en omriktare***

**UPPFINNINGENS OMRÄDE OCH TIDIGARE KÄND TEKNIK**

10

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande för styrning av en omriktare enligt ingressen hos bifogade patentkrav 1 samt en omriktare enligt ingressen hos bifogade självständiga omriktarpatentkrav.

15

Uppfinningen avser således omriktning av spänning vid vilken åtminstone den ena sidan hos omriktaren för en likspänning, men den andra sidan inte nödvändigtvis måste föra en växelspänning, utan nämnda utgång kan även tillhöra en andra sida hos en omriktare i form av en DC/DC-omriktare använd för att ändra nivån på en likspänning. Dock kommer härefter i för uppfinningen belysande men fölaktligen ingalunda begränsande syfte fallet av en omriktare med nämnda utgång ansluten till en växelspänningss- ledning, det vill säga omriktning mellan likspänning och växel-

20

spänning, att beskrivas. Därvid kommer fallet av en omriktare av VSC-typ (Voltage Source Converter) avsedd att via växlande mellan nämnda huvudtillstånd alstra ett tåg av pulser med bestämd amplitud enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens utgång att beskrivas. En sådan omriktare kan användas

25

i allehanda situationer, då likspänning skall omvandlas till växel- spänning och tvärtom, varvid exempel på sådana användningar är i stationer hos HVDC-anläggningar (högspänd likström), i vilka likspänningen normal omvandlas till tre-fas-växelspänning eller

30

omvänt eller i så kallade back-to-back-stationer där växelspänning först omvandlas till likspänning och sedan denna till växel- spänning, liksom i SVC-er (Static Var Compensator), där likspänningssidan består av en eller flera fritt hängande kondensatorer.

Växelströmssidan hos omriktaren skulle även kunna vara ansluten till en växelströmsmotor för drivande därav eller till en växelströmsgenerator.

- 5 Vidare påpekas att förfarandet är inriktat på styrning av en nämnd omriktare som uppvisar åtminstone nämnda sex enheter, vilket innebär att åtminstone tre olika nivåer kan erhållas på spänningen på nämnda utgång, men det är fullt möjligt att omriktaren uppvisar fler sådana enheter, så att fler än fyra huvudtillstånd och även fler än tre nivåer på spänningen på utgången kan uppnås. Därvid kan flera omriktare av detta slag bilda del av en omriktare för flera faser, såsom för trefas, men den kan även vara anordnad att ensam bilda en omriktare för omvandling mellan likspänning och en enfasväxelspannning.
- 10
- 15 Vidare är uppfinitionen inte begränsad till några speciella spänningsnivåer på nämnda första likspänningssida eller storlek på effekt som skall hanteras. De förra ligger med fördel inom intervallet 1 kV-500 kV.
- 20 En fördel med att vid omriktning av växelspannning till likspänning och vice versa använda en omriktare med åtminstone tre nivåer istället för en tvänivåbrygga är att betydligt lägre frekvenser för switchande av enheternas halvledarelement enligt pulsbreddsmoduleringsmönstret kan användas för uppnående av en kurvform hos växelspanningssidan av en given kvalitet. Därigenom kan switchförlusterna minskas avsevärt, så att det även blir möjligt att överföra högre effekter genom en sådan trenivåomriktare än genom en tvänivåbrygga, då högre ledförluster kan tillåtas.
- 25
- 30 Samtidigt reduceras genom pulsbreddsmoduleringsförfarandet genererade övertoner.
- 35 Ett förfarande av inledningsvis definierat slag är tidigare känt genom sökandens egna svenska patent 517 427. Detta svenska patent beskriver ett förfarande som utgör en förbättring av tidigare kända sådana förfaranden för styrning av en omriktare med nämnda sex enheter genom att föreslå hur switchförlusterna skall

fördelas jämnare än tidigare mellan de olika enheterna. Genom att hos en utföringsform av förfarandet enligt det svenska patentet 517 427 utnyttja endast fyra olika tillstånd hos enheternas halvledarelement blir själva förfarandet för styrning av halvledarelementen mycket enkelt. Det påpekas att det i praktiken naturligtvis förekommer ett femte möjligt tillstånd hos denna utföringsform, nämligen när omriktaren är ur drift och då alla halvledarelementen är släckta. Genom att halvledarelementen hos den första och sjätte enheten styrs att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, samt halvledarelementen i den fjärde och femte enheten styrs att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, blir det möjligt att använda sig av samma styrsignal för halvledarelementen i den första och sjätte enheten respektive i den fjärde och femte enheten.

Även om det är fördelaktigt att så att säga förregla halvledarelementen i fyra av enheterna parvis på detta sätt har föreliggande uppfinnare kommit till insikten att det stundom kan innebära problem att ge halvledarelementen hos ett sådant par av enheter styrsignaler för tändande eller släckande av dem samtidigt. Detta beror på att halvledarelementen kommer att reagera skiljaktigt på en sådan styrsignal i beroende av om halvledarelementet är strömförande vid omkopplingen eller ej, det vill säga om det rör sig om en passiv spänningsomkoppling eller en verlig strömkommuttering. En passiv spänningsomkoppling kan gå betydligt snabbare än en verlig strömkommuttering, så att i det ena fallet tänds eller släcks halvledarelementet avsevärt snabbare än i det andra fallet. Detta kan innebära, villkorat med strömriktning vid kommutering, att kortvariga höga spänningstoppar skulle kunna uppnås över någon nämnd enhet, vilket skulle kunna förstöra halvledarelementet ifråga. Alternativt måste halvledarelementen, eller åtminstone sådana i vissa enheter, utformas att i de flesta fall vara överdimensionerade vad gäller spänningstäthet för att klara sådana spänningstoppar, och därvid blir de onödigt dyra.

## SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

- Syftet med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla ett förfarande samt en omriktare av inledningsvis definierat slag, vilka gör det möjligt att råda bot på ovannämnda olägenhet och därigenom göra det möjligt att tillförsäkra att inte något halvledarelement förstörs vid omkopplingarna på grund av spänningstoppar utan krav på nämnd överdimensionering av halvledarelementen för den skull.
- Detta syfte uppnås enligt uppfinningen genom tillhandahållande av ett förfarande av inledningsvis definierat slag, hos vilket vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop utförs, det vill säga ett växlande mellan ett anslutande av pluspolen till utgången och nolltillståndet enligt det tredje huvudtillståndet eller ett växlande mellan ett anslutande av minuspolen till utgången och nolltillståndet enligt det fjärde huvudtillståndet, åtminstone när strömriktningen skulle innebära en spänningstopp på väsentligen hela spänningen mellan nämnda pluspol och minuspol över den av den andra eller den tredje enheten som ej tillhör kommuteringsloopen i det fall halvledarelementen som skall vara tända i det kommande huvudtillståndet och tillhör ett nämnt par av enheter skulle tändas samtidigt, en extra sekvens i form av en födröjd tändning av halvledarelementet hos den ena enheten hos sistnämnda par relativt halvledarelementet hos detta pars andra enhet.
- Uppfinnarna har således insett att nämnda problem med spänningstoppar uppnås vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop, och att detta problem kan lösas genom att införa en födröjning av tändningen av halvledarelementet hos den ena enheten hos ett nämnt enhetspar relativt halvledarelementet hos detta pars andra enhet vid sådan kommutering. Genom en sådan födröjning kommer det att kunna tillses att aldrig väsentligt mer än halva spänningen mellan nämnda pluspol och minuspol kommer att appliceras över den andra eller tredje enheten. Dessa enheters halvledarelement be-

höver således inte överdimensioneras vad gäller spänningstälig-  
het relativt halvledarelementen hos andra enheter hos omrikta-  
ren.

- 5 Enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen utförs  
nämnda extra sekvens alltid vid växling av huvudtillstånd enligt  
en nämnd liten kommuteringsloop oberoende av strömriktningen  
vid utgången. Det har befunnits att problemet med nämnda spän-  
ningstoppar är beroende av strömriktningen vid en nämnd kom-  
mutering, men genom att göra utförandet av extrasekvensen obe-  
roende av strömriktningen kan det uppfinningsenliga förfarandet  
förenklas betydligt och dess tillförlitlighet höjas.
- 10 15 Det har därvid befunnits att det är fördelaktigt att tända halvle-  
darelementet i den yttre enheten, det vill säga den första eller  
fjärde enheten, hos respektive par av enheter med fördröjning  
relativt den andra enheten, det vill säga den sjätte eller femte, i  
paret.
- 20 25 30 35 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen är  
nämnda fördröjning mindre än en tiondel, företrädesvis mindre än  
en hundradel av den normala varaktigheten av ett nämndt huvud-  
tillstånd. Således är det meningen att det mellantillstånd som  
uppnås genom nämnda fördröjning skall ha en i sammanhanget  
försvinnande kort varaktighet relativt huvudtillstånden och där-  
med i praktiken inte påverka resultatet av omrikturens drift på  
annat sätt än att spänningstoppar över halvledarelementen ifråga  
undviks.
- Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen styrs  
enheternas halvledarelement så att mellan två huvudtillstånd all-  
tid ett så kallat blankingtillstånd uppnås för undvikande av att  
halvledarelement som inte får vara tända samtidigt skall kortva-  
rigt åtminstone delvis vara detta och att under detta tillstånd ett  
sådant halvledarelement hinner släcka innan därefter ett annat  
sådant tänds. Härigenom kan partiella kortslutningar hos omrikta-  
ren ifråga undvikas, exempelvis kortslutningar av kondensatorer

använda på omriktarens likspänningssida för definierande av likspänningen.

- 5 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen styrs halvledarelementen för att minimera varaktigheten hos mellan nämnda huvudtillstånd liggande tillstånd med halvledarelementen i den andra och sjätte enheten samtidigt tända eller i den tredje och femte enheten samtidigt tända för undvikande av parallellströmmar i omriktaren. Det har nämligen befunnits att till odefinierade drifttillstånd hos omriktaren rådande parallellströmmar i beroende av strömriktningen vid omriktarens utgång kan uppnås om halvledarelementen i den andra och sjätte enheten eller de i den tredje och femte enheten är tända samtidigt i mellan huvudtillstånden liggande mellantillstånd. Problemet med sådana parallellströmmar och odefinierade drifttillstånd hos omriktaren lösas genom att göra dessa mellantillstånd så korta det överhuvudtaget går.
- 20 Enligt en annan föredragen utföringsform styrs vid växlande mellan huvudtillstånd via en stor kommuteringsloop, det vill säga ett växlande mellan det första huvudtillståndet och det fjärde huvudtillståndet eller ett växlande mellan det andra huvudtillståndet och det tredje huvudtillståndet, de till samma enhetspar hörande halvledarelementen med en och samma styrpuls för att båda under växlandet konstant hållas i samma läge, släckt eller tändt. Det har befunnits att oberoende av riktningen på strömmen i omriktarens utgång uppstår inga problem med nämnda spänningstoppar vid kommutering enligt den så kallade stora kommuteringsloopen, så att förfarandet kan förenklas i ett sådant fall genom att använda en och samma styrpuls för halvledarelementen tillhörande samma par.
- 35 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen utförs förfarandet på en omriktare med flera nämnda halvledarelement seriekopplade i varje nämnd enhet, och halvledarelementen tillhörande samma enhet styrs genom en och samma styrpuls. Det uppfinningsenliga förfarandet är speciellt väl lämpat för omriktare

hos vilka det krävs en seriekoppling av ett flertal halvledarelement för att de tillsammans skall kunna hålla den spänning som enheten måste hålla i sitt blockerande tillstånd, eftersom i ett sådant fall vissa halvledarelement redan kan ha en något högre spänning över sig än andra halvledarelement på grund av vissa smärre skillnader mellan halvledarelementen, och i ett sådant fall är det ytterst viktigt att nämnda spänningstoppar kan undvikas för att eliminera risken för att just dessa halvledarelement slås ut och därigenom även övriga halvledarelement slås ut.

10 Uppfinningen avser även en omriktare enligt bifogade självständiga omriktarpatentkrav, och fördelarna med en sådan omriktare i förhållande till tidigare kända omriktare av det slaget framgår med all önskvärd tydlighet av beskrivningen ovan av förfarandet 15 enligt uppfinningen samt de föredragna utföringsformerna därvä.

Uppfinningen avser även ett datorprogram samt ett datorläsbart medium enligt motsvarande bifogade patentkrav. Det inses lätt att förfarandet enligt uppfinningen definierat i bifogade uppsättning förfarandepatentkrav är väl lämpat att utföras genom programinstruktioner från en processor påverkbar av ett med ifrågavarande programsteg försett datorprogram.

25 Ytterligare fördelar med samt fördelaktiga särdrag hos uppfinningen framgår av den efterföljande beskrivningen samt övriga osjälvständiga patentkrav.

#### KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

30 Här nedan beskrivs såsom exempel anförda föredragna utföringsformer av uppfinningen under hänvisning till bifogade ritningar, på vilka:

35 fig 1 schematiskt illustrerar en omriktare av tre-nivå-typ av det slag på vilket det uppfinningsenliga förfarandet är applicerbart,

fig 2 illustrerar schematiskt hur ett pulsbreddsmoduleringsmöns-  
ter läggs ut på fasutgången hos en omriktare enligt fig 1, och

5 fig 3 är ett förenklat blockschema illustrerande principen för styr-  
ning av en omriktare enligt fig 1 enligt föreliggande uppfinning.

#### DETALJERAD BESKRIVNING AV FÖREDRAGNA UTFÖRINGS- FORMER AV UPPFINNINGEN

- 10 I fig 1 illustreras uppbyggnaden av en tre-nivå-omriktare av det  
slag som finns beskrivet i sökandens ovannämnda svenska pa-  
tent 517 427. Det illustreras här hur omriktaren upvisar tre så  
kallade fasben 1-3 med var sin fasutgång 4-6 för anslutande av  
15 omriktarens växelspanningssida via en reaktor och/eller trans-  
formator till ett trefas-växelspanningsnät, men härefter kommer  
endast det ena av dessa fasben att diskuteras. Det är även fullt  
möjligt att omriktaren är ansluten till ett enfas-växelspanningsnät  
eller växelspanningssidan kan förutom AC-nätet anslutas till en  
generator eller en motor. Omriktaren är en så kallad VSC-omrik-  
tare, vilken upvisar en mellan två poler, en positiv 7 och en ne-  
20 gativ 8, hos en likspänningssida hos omriktaren anordnad serie-  
koppling av fyra enheter S1-S4, vilka vardera innehåller ett  
släckbart halvledarelement 13-16 och en därmed antiparallellt  
kopplad diod 17-20 och är givna ordningsnummer efter ordningen  
25 i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen.

Två seriekopplade kondensatorer 21, 22 är anordnade mellan  
30 nämnda båda poler, och en punkt 23 (likspänningssidans mitt-  
punkt) mellan dessa (vilket normalt är fallet) är ansluten till jord 9  
via en impedans Z, varvid denna impedans kan variera från noll  
(= direktjordning av likspänningssidans mittpunkt) till ett värde X  
(= impedansjordning av likspänningssidans mittpunkt, via till ex-  
empel en resistans R eller en induktans L) upp till ett värde  $X_{max}$   
(= ojordad mittpunkt, där jordningen enbart bestäms av strökap-  
35 citanser mellan likspänningssidans mittpunkt och jord), så att på  
detta sätt potentialerna  $+U/2$  respektive  $-U/2$  tillhandahålls hos

respektive pol, varvid U är spänningen mellan de båda polerna 7, 8.

5 En andra mittpunkt 24 hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte enhet S5 med dioden 26 med ledriktning med avseende på fasutgången 4 motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod och ett antiparallellt därmed kopplat släckbart halvledarelement 10 ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt 27 hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet S6 med dioden 29 med ledriktning med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod och ett antiparallellt därmed kopplat släckbart halvledarelement 11 ansluten till likspänningssidans mittpunkt.

15 De släckbara halvledarelementen hos enheterna S1-S6 kan exempelvis vara IGBT-er eller GTO-er. Fastän endast en IGBT eller GTO per enhet visats kan dennastå för en mängd, seriekopplade, simultant stylda IGBT-er eller GTO-er, vilket ävenledes normalt är fallet, då det krävs ett förhållandevist stort antal sådana halvledarelement för att hålla den spänning som varje enhet måste hålla i blockerat tillstånd, då exempelvis likspänningssidan har en spänning överstigande 10 kV. Likaså kan varje visad diod, så kallad frihjulsdiod, stå för en mängd seriekopplade dioder.

30 De i omriktaren ingående halvledarelementen styrs via en schematiskt antydd inrättning 30 att tändas och släckas för att omväxlande ansluta likspänningssidans mittpunkt, pluspol och minuspol till fasutgången hos respektive fasben för alstrande av ett tåg av pulser med bestämda amplituder och enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster (PWM) på fasutgången. Därvid är pulsbreddsmoduleringsfrekvensen betydligt högre än, med fördel åtminstone 5 gånger så hög, mera föredraget åtminstone 10 gånger så hög och mest föredraget åtminstone 20 gånger så hög som grundfrekvensen hos den normalt väsentligen sinusformade växelströmmen på omriktarens fasutgång. Således kan puls-

breddsmoduleringsfrekvensen företrädesvis vara i storleksordningen 1-2 kHz, medan grundfrekvensen, det vill säga den frekvens grundtonen hos fasströmmen på fasutgången har, typiskt sett är 50 Hz eller 60 Hz. Vid generator- eller motoransluten omriktare kan dock frekvensen hos strömmen variera inom ett stort område.

Omriktaren kan drivas på olika sätt, såsom för överföring av aktiv effekt som likriktare eller som växelriktare, eller för överförande 10 av reaktiv effekt, eller för överföring av en kombination av aktiv och reaktiv effekt.

Likspänningssidans mittpunkt 23 är anslutbar till fasutgången 4 genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra S2 och den femte S5 enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje S3 och den sjätte S6 enheten är i ledande tillstånd. Med fördel utnyttjas denna valmöjlighet av nolltillstånd för styrande av omriktaren så att summan av switch- och ledförlusterna fördelas jämnare mellan halvledarelementen hos fyra av de sex enheterna, och hur sådan styrning 20 kan ske finns närmare beskrivet i svenska patentet 517 427.

Med fördel är inrättningen 30 anordnad att styra enheternas halvledarelement så att de båda nolltillstånden intages väsentligen lika många gånger per tidsenhet, och det är fördelaktigt att därvid halvledarelementen styrs så att väsentligen varje gång ett nämndt nolltillstånd skall väljas väljs det motsatta nolltillståndet mot det närmast i tiden föregående nolltillståndet.

30 Styrinrättningen 30 är anordnad att styra enheternas S1-S6 halvledarelement att tändas och släckas så att omväxlande fyra huvudtillstånd erhålls hos omriktaren i form av anslutning av utgången till den första sidans pluspol enligt ett första, vid vilket således åtminstone halvledarelementen hos S1 och S2 måste vara tända, minuspol enligt ett andra, i vilket åtminstone halvledarelementen hos S3 och S4 måste vara tända, eller mittpunkt via något av nämnda två nolltillstånd. Likt styrförfarandet enligt

det svenska patentet 517 427 görs hos det uppfinningsenliga förfarandet en förregling mellan enhetsparet S1, S6 och S4, S5 vad gäller deras läge i respektive huvudtillstånd, så att de till samma parhörande är samtidigt tända eller släckta. Därvid till-

5 ses att motstående enheters halvledarelement har släcksignaler innan halvledarelementet som skall tändas för tändsignal. Skulle inte en sådan förregling vara förhanden och exempelvis S1, S6 tändas innan S4, S5 släcks vid växlande från det fjärde till det

10 första tillståndet, då kommer kondensatorerna 21 och 22 att kortslutas kortvarigt och stora kortslutningsströmmar uppstå.

I fig 2 illustreras hur ett pulsbreddsmoduleringsmönster typiskt sett kan se ut för en omriktare av det slag som visas i fig 1. Därvid är den visade sinuskurvan 31 spänningsbörvärdet på omriktrarenas fasutgång 4, medan det framgår att när nämnda börvärde är positivt anslutes omväxlande likspänningssidans pluspol och dess mittpunkt 23 till fasutgången, det vill säga positiva pulser och nollpulser medan skiftande bredd växlas, medan när nämnda börvärde är negativt det växlas mellan negativa pulser och nollpulser.

I fig 3 illustreras mycket schematiskt hur styrning genom styrinrättningen 30 i praktiken går till. Ett referensvärde motsvarande fasuttagets spänningsbörvärde inkommer vid 33 till en pulsbreddsmoduleringsgenerator 34, vilken utarbetar det i fig 2 visade pulsbreddsmoduleringsmönstret och sänder en pulsbreddsmoduleringsignal på sin utgång 35, vilken beordrar en positiv, negativ eller nollpuls på fasutgången, till en nolltillståndsväljare 36, vilken sänder en pulsbreddsmoduleringsignal innehållande uppgift även om vilket nolltillstånd som skall väljas när nollpuls skall läggas ut på fasutgången, till ett medel 37 för styrande av de olika enheternas S1-S6 halvledarelement att tändas eller släckas, vilket illustreras genom de sex pilarna 38 till halvledarelementen.

35 Föreliggande uppfinnare har insett att vid vissa kommuteringar mellan olika huvudtillstånd hos ett förfarande enligt det svenska

patentet 517 427 kommer kortvariga spänningstoppar på väsentligen hela spänningen U mellan likspänningssidans båda poler att appliceras över någon av de båda inre enheterna, det vill säga S2 eller S3. Därvid är risken stor att ett eller flera halvledarelement i en sådan enhet havererar, om inte enheterna kraftigt överdimensioneras vad gäller spänningstäthet, vilket blir kostsamt. Närmare bestämt uppstår detta problem vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop, det vill säga mellan anslutande av pluspolen till utgången och det tredje nolltillståndet eller anslutande av minuspolen till utgången och det fjärde nolltillståndet. Detta är beroende av att enheterna beter sig olika i beroende av om det rör sig om en passiv spänningsomkoppling hos halvledarelementen eller om det rör sig om en verklig strömmutering. Detta kan exemplifieras med att det skall växlas mellan det första huvudtillståndet, i vilket S1, S2 och S6 är tända, till det tredje huvudtillståndet, i vilket S2, S5 och S4 är tända. Skulle i ett sådant fall efter släckande av S1 och S6 S4 och S5 tändas samtidigt, då skulle på grund av att S1 har lett ström det ta en i sammanhanget inte oansenlig tid att tända halvledarelementet i S5 och kommutera över strömmen från S1 till detta, så att kortvarigt utgången 4 fortfarande skulle ha kvar samma potential som likspänningssidans pluspol. Skulle däremot halvledarelementet i S4 tändas samtidigt, vilket skulle innebära en passiv spänningsomkoppling utan någon strömmutering, då skulle betydligt snabbare minuspolens potential anslutas till punkten 27 mellan S3 och S4, så att kortvarigt hela spänningen mellan de båda likspänningsspolerna skulle ligga över S3. Detta problem råder emellertid uppfinningen bot på genom att vid växlande mellan huvudtillstånd genom en liten kommuteringsloop införa en extra sekvens i form av en födröjd tändning av halvledarelementet hos den ena enheten hos det par som skall tändas relativt halvledarelementet hos detta pars andra enhet. I det just beskrivna exemplet innebär detta att halvledarelementet i S4 tänds med en födröjning relativt halvledarelementet i S5, så att nämnda strömmutering har hunnit ske och fasutgången 4 är på nollpotential innan halvledarelementet i S4 tänds, och därmed endast

- halva likspänningen kommer att anligga över S3. Därvid är nämnda födröjning mycket kort i förhållande till den normala varaktigheten hos ett nämnt huvudtillstånd, och förhållandet är typiskt sett så att födröjningen är mindre än en tiondel, företrädesvis mindre än en hundradel av den normala varaktigheten av ett nämnt huvudtillstånd, och kan exempelvis vara  $5 \mu\text{s}/1000 \mu\text{s}$ .
- Förutom dessa så kallade extra sekvenser vid en så kallad liten kommuteringsloop styrs enheternas halvledarelement så att man mellan två huvudtillstånd alltid har ett så kallat blankingtillstånd för undvikande av att halvledarelement som inte får vara tända samtidigt skall kortvarigt åtminstone delvis vara detta och att under detta tillstånd ett sådant halvledarelement hinner släcka innan därefter ett annat sådant tänds. Sådana blankingtillstånd har en tidslängd i ungefärligen samma storleksordning som nämnda födröjning och är således försvinnande korta i förhållande till den normala varaktigheten hos ett huvudtillstånd. De införs mellan alla huvudtillstånd, även vid så kallade stora kommuteringsloopar där en nämnd extrasekvens inte genomförs.
- Dessutom styrs halvledarelementen för att minimera varaktigheten hos mellan nämnda huvudtillstånd liggande tillstånd med halvledarelementen i den andra och sjätte enheten samtidigt tända eller i den tredje och femte enheten samtidigt tända för undvikande av parallelströmmar i omriktaren.
- Detta leder till följande kontrollscheman för växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop enligt föreliggande uppfinning:
- I tabell 1-4 är de uppfinningsenliga förfarandena med extrasekvenser vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop visade, varvid B indikerar blankningstillstånd och E extrasekvens. På motsvarande sätt är växlande mellan huvudtillstånd genom de båda så kallade stora kommuteringslooperna sammanfattade i tabell 5 och tabell 6. Där framgår att inga extrasekvenser används.

**Tabell 1**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1+	1	1	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0
E	0	1	0	0	1	0
3N	0	1	0	1	1	0

5

**Tabell 2**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
3N	0	1	0	1	1	0
E	0	1	0	0	1	0
E	0	1	0	0	1	1
B	0	1	0	0	0	1
1+	1	1	0	0	0	1

10

**Tabell 3**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
2-	0	0	1	1	1	0
B	0	0	1	0	0	0
E	0	0	1	0	0	1
4N	1	0	1	0	0	1

G  
A  
R  
E  
S  
S  
O

15

Tabell 4

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
4N	1	0	1	0	0	1
E	0	0	1	0	0	1
E	0	0	1	0	1	1
B	0	0	1	0	1	0
2-	0	0	1	1	1	0

5

Tabell 5

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1+	1	1	0	0	0	1
B	1	0	0	0	0	1
4N	1	0	1	0	0	1
B	1	0	0	0	0	1
1+	1	1	0	0	0	1

10

Tabell 6

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
2-	0	0	1	1	1	0
B	0	0	0	1	1	0
3N	0	1	0	1	1	0
B	0	0	0	1	1	0
2-	0	0	1	1	1	0

- Växlingen enligt tabell 1 har redan kommenterats högre upp. Den enligt tabell 2 kan förklaras enligt följande. Mellantillståndet med S2 och S5 ledande läggs in före det andra mellantillståndet med S2, S5 och S6 ledande, då det i annat fall finns risk att S4 och S6 är kortvarigt samtidigt tända och kortsluter kondensatorn 22. Extrasekvensen i form av tillståndet med S2, S5 och S6 tända är

till för att tvinga mittpunkten 27 mellan S3 och S4 att bli noll innan fasutgången ansluts till pluspolen. Blankningstillståndet med S2 och S6 tända är viktigt, då man i annat fall skulle blivit tvungen att släcka S5 samtidigt som S1 tänds, och man vill av ovan nämnd anledning inte styra halvledarelementen i två enheter i en liten kommuteringsloop samtidigt.

Tabell 3 och tabell 4 behöver ingen ytterligare förklaring, då samma problem uppträder där som vid växlingarna enligt tabell 1 och tabell 2 och dessa växlingar är spegelsymmetriska relativt utgången 4 och mittpunkten 23 relativt de förra.

Såsom ovan redan nämnts skall tillstånden med S3 S5 S6, S3 S5, S2 S5 S6 eller S2 S6 samtidigt ledande minimeras för att begränsa varaktigheten av parallelströmmar i kretsen så långt som möjligt.

För att förenkla det uppfinningsenliga styrförfarandet görs inte detta beroende av riktningen på strömmen i utgången 4, även om vissa problem som lösas genom nämnda extrasekvenser endast förekommer vid en given strömriktning och vid motsatt strömriktning därmed extrasekvensen skulle kunna utelämnas. Detta skulle dock leda till ett betydligt mera komplicerat styrförfarande.

Uppfinningen är givetvis inte på något sätt begränsad till de ovan beskrivna föredragna utföringsformerna, utan en mängd möjligheter till modifikationer därav torde vara uppenbara för en fackman på området, utan att denne avviker från uppfinningsens grundtanke sådan denna definieras i patentkraven.

En mängd andra möjligheter till styrsceman som utnyttjar den uppfinningsenliga grundtanke torde vara uppenbara för fackmän på området.

Exempelvis är det mycket väl möjligt att känna av riktningen på strömmen i utgången och göra utförandet av en extrasekvens eller ej beroende av strömriktningen. Det är även möjligt att om-

riktaren ifråga uppvisar ytterligare nämnda enheter för att ge möjlighet till fler än tre nivåer på utgången.

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6

Patentkrav

1. Förfarande för styrning av en omriktare för omriktning av  
5 likspänning till växelspänning eller likspänning och vice versa,  
vilken innehåller en mellan två poler, en positiv (7) och en nega-  
tiv (8), hos en första sida i form av en likspänningssida hos om-  
riktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S4), vilka  
vardera innehåller ett släckbart halvledarelement (13-16) och en  
10 därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordnings-  
nummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till  
den negativa polen, en ledning hos omriktarens andra sida an-  
sluten till en första mittpunkt, benämnd utgång (4), hos serie-  
kopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) an-  
15 ordnade att på nämnda första sida tillhandahålla en mittpunkt  
(23) mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma  
spänning men med motsatta tecken i förhållande till den första  
sidans mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopp-  
lingen mellan den första och andra enheten är via en femte  
20 nämnd enhet (S5) med ett släckbart halvledarelement (10) och  
med den antiparallellt med detta kopplade dioden (26) med  
ledrikningen med avseende på utgången (4) motsatt ledrikning  
hos den andra enhetens diod ansluten till den första sidans mitt-  
punkt (23) och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mel-  
25 lan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet  
(S6) med ett släckbart halvledarelement (11) och med den anti-  
parallellt med detta kopplade dioden (29) med ledrikning med  
avseende på utgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten  
till den första sidans mittpunkt, vid vilket enheternas halvledar-  
element styrs att tändas och släckas så att omväxlande fyra hu-  
vudtillstånd erhålls hos omriktaren i form av anslutning av ut-  
gången (4) till den första sidans pluspol (7) enligt ett första, mi-  
nuspol (8) enligt ett andra eller mittpunkt (23) via något av två  
30 olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett tredje, i vilket den  
andra och femte enheten är i ledande tillstånd, och ett fjärde, i  
vilket den tredje och sjätte enheten är i ledande tillstånd, varvid  
35 den första och sjätte enheten bildar ett par genom att dessa

halvledarelement styrs att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, och den fjärde och femte enheten bildar ett par genom att dessa halvledarelement styrs att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, samt 5 varvid en växling mellan det första och andra huvudtillståndet alltid görs via det tredje eller fjärde nolltillståndet, kännetecknat därav, att vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop utförs, det vill säga ett växlande mellan ett anslutande av pluspolen (7) till utgången (4) och noll- 10 tillståndet enligt det tredje huvudtillståndet eller ett växlande mellan anslutande av minuspolen (8) till utgången (4) och nolltillståndet enligt det fjärde huvudtillståndet, åtminstone när strömriktningen skulle innebära en spänningstopp på väsentligen 15 hela spänningen mellan nämnda pluspol och minuspol över den av den andra eller tredje enheten (S2, S3) som ej tillhör kommuteringsloopen i det fall halvledarelementen som skall vara tända i det kommande huvudtillståndet och tillhör ett nämnt par (S1, S6 resp S4, S5) av enheter skulle tändas samtidigt, en extra sekvens i form av en födröjd tändning av halvledarelementet hos 20 den ena enheten hos sistnämnda par relativt halvledarelementet hos detta pars andra enhet.

2. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att nämnda extra sekvens alltid utförs vid växling av huvudtillstånd enligt en 25 nämnd liten kommuteringsloop oberoende av strömriktningen vid utgången.

3. Förfarande enligt krav 1 eller 2, kännetecknat därav, att det är halvledarelementet i den yttre enheten (S1, S4), det vill säga 30 den första eller fjärde enheten, hos respektive par av enheter som tänds med födröjning relativt den andra enheten (S6, S5), det vill säga den sjätte eller femte, i paret.

4. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat 35 därav, att vid växlande från det första till det tredje huvudtillståndet tänds halvledarelementet i den fjärde enheten (S4) med en födröjning relativt halvledarelementet i den femte enheten (S5).

5. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att vid växlande från det andra till det fjärde huvudtillståndet tänds halvledarelementet i den första enheten (S1) med en födröjning relativt halvledarelementet i den sjätte enheten (S6).
10. 6. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att vid ett växlande från det tredje till det första huvudtillståndet tänds halvledarelementet i den första enheten (S1) med en födröjning relativt halvledarelementet i den sjätte enheten (S6).
15. 7. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att vid ett växlande från det fjärde till det andra huvudtillståndet tänds halvledarelementet i den fjärde enheten (S4) med en födröjning relativt halvledarelementet i den femte enheten (S5).
20. 8. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att nämnda födröjning är mindre än en tiondel, företrädesvis mindre än en hundradel av den normala varaktigheten av ett nämnt huvudtillstånd.
25. 9. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att enheternas halvledarelement styrs så att mellan två huvudtillstånd alltid ett så kallat blankingtillstånd (B) uppnås för undvikande av att halvledarelement som inte får vara tända samtidigt skall kortvarigt åtminstone delvis vara detta och att under detta tillstånd ett sådant halvledarelement hinner släcka innan därefter ett annat sådant tänds.
30. 10. Förfarande enligt krav 9, kännetecknat därav, att halvledarelementen styrs för intagande av nämnda blankingtillstånd (B) under en tidsperiod som varar mindre än en tiondel, företrädesvis mindre än en hundradel av den normala varaktigheten av ett nämnt huvudtillstånd.

11. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det första huvudtillståndet uppnås genom att styra halvledarelementen i den första (S1), andra (S2) och sjätte (S6) enheten att vara tända, det andra huvudtillståndet genom att styra halvledarelementen i den tredje (S3), fjärde (S4) och femte (S5) enheten att vara tända, det tredje huvudtillståndet genom att styra halvledarelementen i den andra (S2), fjärde (S4) och femte (S5) enheten att vara tända och det fjärde huvudtillståndet genom att styra halvledarelementen i den första (S1), tredje (S3) och sjätte (S6) enheten att vara tända.
12. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att vid växlande från det första huvudtillståndet till det tredje släcks först halvledarelementen i den första (S1) och sjätte (S6) enheten, sedan tänds halvledarelementet i den femte (S5) enheten och slutligen tänds halvledarelementet i den fjärde enheten (S4).
13. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att vid växlande från det tredje huvudtillståndet till det första huvudtillståndet släcks först halvledarelementet i den fjärde enheten (S4), sedan tänds halvledarelementet i den sjätte enheten (S6), därpå släcks halvledarelementet i den femte enheten (S5) och slutligen tänds halvledarelementet i den första enheten (S1).
14. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att vid växlande från det andra huvudtillståndet till det fjärde huvudtillståndet släcks först halvledarelementen i den fjärde (S4) och femte (S5) enheten, sedan tänds halvledarelementet i den sjätte enheten (S6) och slutligen tänds halvledarelementet i den första enheten (S1).
15. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att vid växlande från det fjärde huvudtillståndet till det andra huvudtillståndet släcks först halvledarelementet i den första enheten (S1), sedan tänds halvledarelementet i den femte enheten (S5), därpå släcks halvledarelementet i den sjätte enheten (S6) och slutligen tänds halvledarelementet i den fjärde enheten (S4).

16. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att halvledarelementen styrs för att minimera varaktigheten hos mellan nämnda huvudtillstånd liggande tillstånd med halvledarelementen i den andra (S2) och sjätte (S6) enheten samtidigt tända eller i den tredje (S3) och femte (S5) enheten samtidigt tända för undvikande av parallelströmmar i omriktaren.
- 5
17. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att vid växlande mellan huvudtillstånd via en stor kommuteringsloop, det vill säga ett växlande mellan det första huvudtillståndet och det fjärde huvudtillståndet eller ett växlande mellan det andra huvudtillståndet och det tredje huvudtillståndet, styrs de till samma enhetspar (S1, S6 resp S4, S5) hörande halvledarelementen med en och samma styrpuls för att båda under växlandet konstant hållas i samma läge, släckt eller tänt.
- 10
- 15
18. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att enheternas halvledarelement styrs så att de båda nolltillständen intages väsentligen lika många gånger per tidsenhet.
- 20
19. Förfarande enligt krav 18, kännetecknat därav, att enheter-  
nas halvledarelement styrs så att väsentligen varje gång ett  
nämnt nolltillstånd skall väljas väljs det motsatta nolltillståndet  
mot det närmast i tiden föregående nolltillståndet.
- 25
20. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det utförs på en omriktare med flera nämnda halvledarelement seriekopplade i varje nämnd enhet (S1-S6), och att halvledarelementen tillhörande samma enhet styrs genom en och samma styrpuls.
- 30
21. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det är halvledarelement (13-16) i form av IGBT:er (Insulated Gate Bipolar Transistors) som styrs att tändas och släckas.
- 35

22. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det utförs på en omriktare i form av en VSC-omriktare för omriktning av växelpänning till likspänning och vice versa med nämnda ledning bildad av en växelpänningfasledning för att via växlande mellan huvudtillstånden alstra ett tåg av pulser med bestämda amplituder enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens utgång (4).
- 5
- 10 23. Förfarande enligt krav 22, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med en likspänningssida bildad av ett likspänningssnät för överföring av högspänd likström (HVDC) och växelpänningfasledningen tillhörande ett växelpänningssnät som styrs.
- 15 24. Förfarande enligt krav 22, kännetecknat därav, att det är två VSC-omriktare hos en back-to-back-station med sina växelpänningssidor anslutna till ett och samma eller var sitt växelpänningssnät och sina likspänningssidor anslutna till varandra som styrs.
- 20 25. Förfarande enligt krav 22, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare ingående i en SVC (Static Var Compensator) med likspänningssidan bildad av fritt hängande kondensatorer och växelpänningfasledningen tillhörande ett växelpänningssnät som styrs.
- 25
- 30 26. Förfarande enligt något av kraven 1-21, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med nämnda utgång ansluten till en växelströmsmotor som styrs.
- 35 27. Förfarande enligt något av kraven 1-21, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med nämnda utgång ansluten till en växelströmsgenerator som styrs.
- 35
28. Omriktare för omriktning av likspänning till växelpänning eller likspänning och vice versa, vilken innehåller en mellan två

poler, en positiv (7) och en negativ (8), hos en första sida i form av en likspänningssida hos omriktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S4), vilka vardera innehållar ett släckbart halvledarelement (13-16) och en därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en ledning hos omriktarens andra sida ansluten till en första mittpunkt, benämnd utgång (4), hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) anordnade att på nämnda första sida tillhandahålla en mittpunkt (23) mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till den första sidans mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte nämnd enhet (S5) med ett släckbart halvledarelement (10) och med den antiparallellt med detta kopplade dioden (26) med ledriktningen med avseende på utgången motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till den första sidans mittpunkt och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet (S6) med ett släckbart halvledarelement (11) och med den antiparallellt med detta kopplade dioden (29) med ledriktningen med avseende på utgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till den första sidans mittpunkt, varvid omriktaren även innehåller en inrättning (30) anordnad att styra enheternas halvledarelement att tändas och släckas för att omväxlande uppnå fyra huvudtillstånd hos omriktaren i form av anslutning av utgången till den första sidans pluspol (7) enligt ett första, minuspol (8) enligt ett andra eller mittpunkt (23) via något av två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett tredje, i vilket den andra och femte enheten är i ledande tillstånd, och ett fjärde, i vilket den tredje och sjätte enheten är i ledande tillstånd, varvid den första och sjätte enheten bildar ett par genom att inrättningen är anordnad att styra dessas halvledarelement att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, och den fjärde och femte enheten bildar ett par genom att inrättningen är anordnad att styra dessas halvledarelement att i respektive huvudtillstånd intaga samma läge, tänd eller släckt, samt

- varvid inrättningen är anordnad att styra halvledarelementen så att en växling mellan det första och andra huvudtillståndet alltid görs via det tredje eller fjärde nolltillståndet, kännetecknad därav, att inrättningen är anordnad att, vid ett växlande mellan
- 5 huvudtillstånd genom en så kallad liten kommuteringsloop, det vill säga mellan anslutande av pluspolen till utgången och nolltillståndet enligt det tredje huvudtillståndet eller ett anslutande av minuspolen till utgången och nolltillståndet enligt det fjärde huvudtillståndet, åtminstone när strömrikningen skulle
- 10 innehära en spänningstopp på väsentligen hela spänningen mellan nämnda pluspol (7) och minuspol (8) över den av den andra (S2) eller tredje (S3) enheten som ej tillhör kommuteringsloopen i det fall halvledarelementen som skall vara tända i det kommande huvudtillståndet och tillhör ett nämnt par av enheter skulle tändas samtidigt, styra dessa halvledarelement enligt en extra sekvens i form av en födröjd tändning av halvledarelementet hos den ena enheten hos sistnämnda par relativt halvledarelementet hos parets andra enhet.
- 15
- 20 29. Datorprogram som är laddningsbart direkt in i internminnet hos en dator, vilket innefattar mjukvarukodpartier för styrande av stegen hos något av kraven 1-27 när programmet körs på datorn.
- 25 30. Datorprogram enligt krav 29 tillhandahållit åtminstone delvis via ett nätverk såsom Internet.
31. Datorläsbart medium med ett därpå registrerat program, vilket är utformat att bringa en dator att styra stegen enligt något av kraven 1-27.

**SAMMANDRAG**

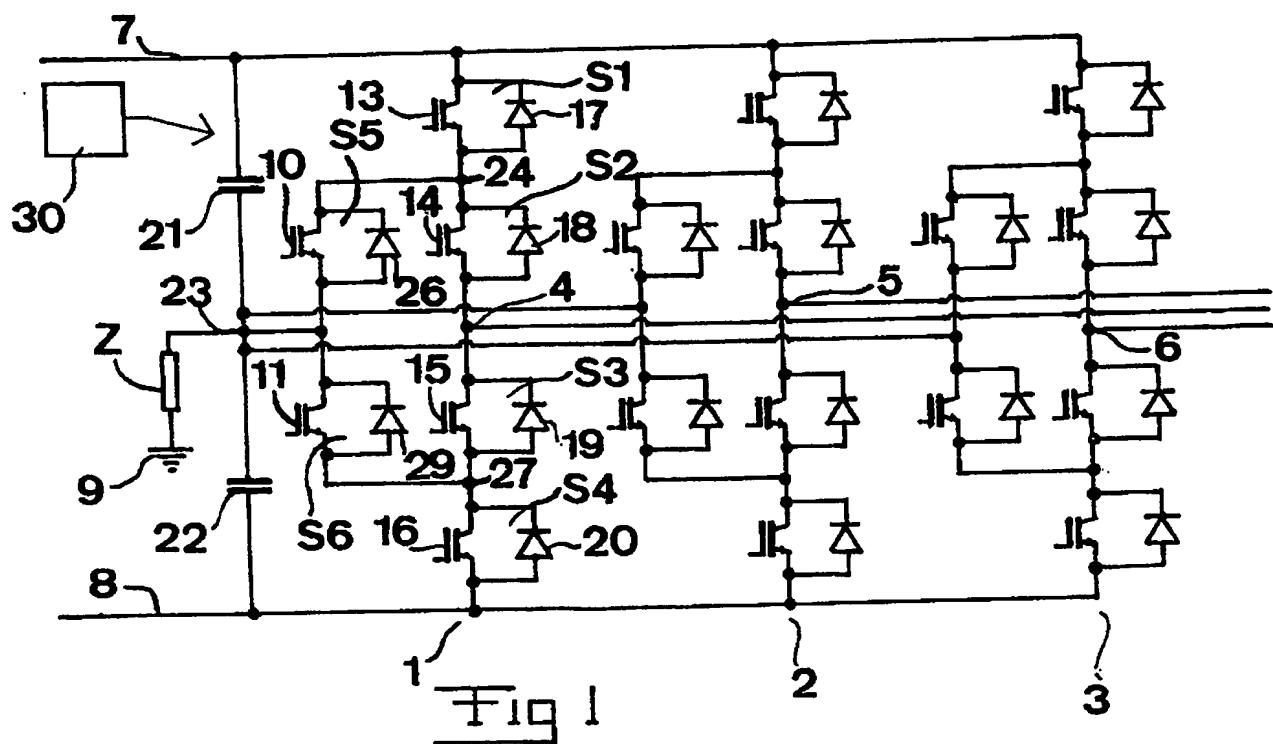
Vid ett förfarande för styrning av en omriktare för omriktning av likspänning till växelspänning eller likspänning och vice versa,  
5 hos vilken en utgång hos omriktaren kan alternativt anslutas till  
en pluspol (7), en minuspol (8) eller en mittpunkt (23) hos en  
likspänningssida hos omriktaren i form av olika så kallade hu-  
vudtillstånd, utförs vid ett växlande mellan huvudtillstånd genom  
10 en så kallad liten kommuteringsloop en extrasekvens i form av en  
fördröjd tändning av halvledarelement (13, 16) hos en enhet hos  
omriktaren relativt halvledarelement ( 14, 15) hos en annan en-  
het hos ett enhetspar hos omriktaren.

(Fig 1).

15

M  
I  
G  
D  
M  
O  
S  
O

1/3



2120000000

PAV 02-10-09

2/3

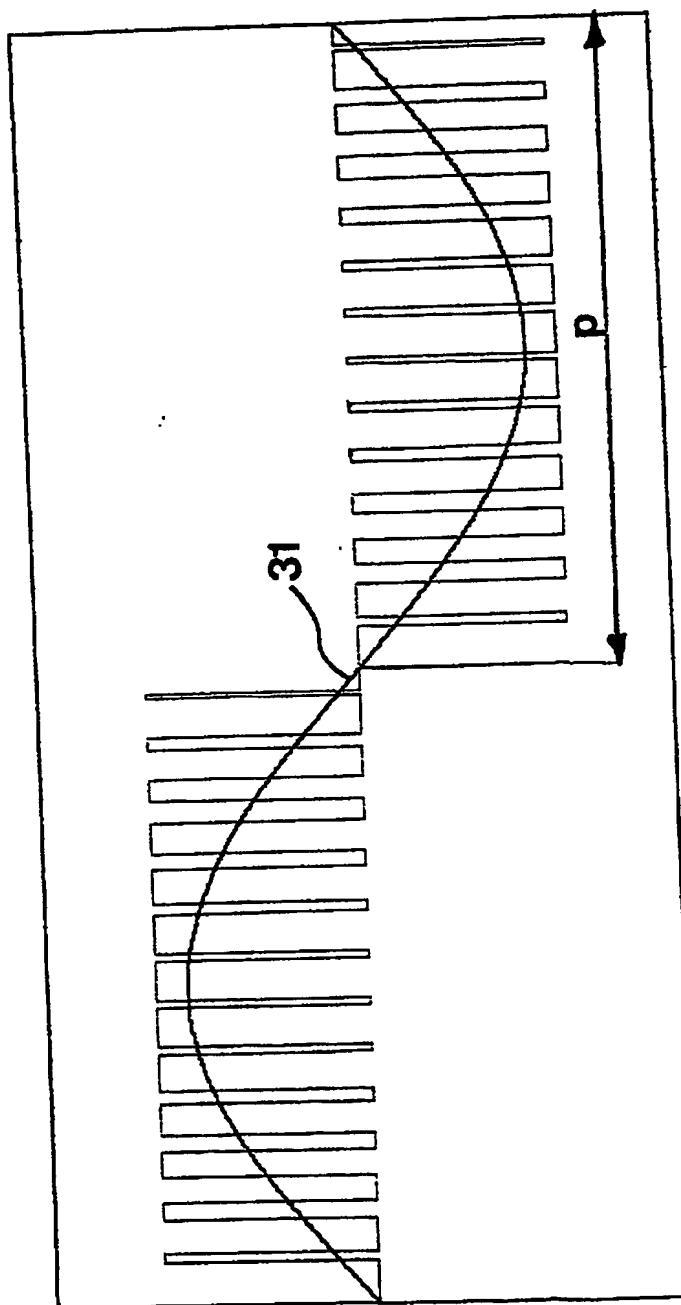


Fig 2

020237A-3

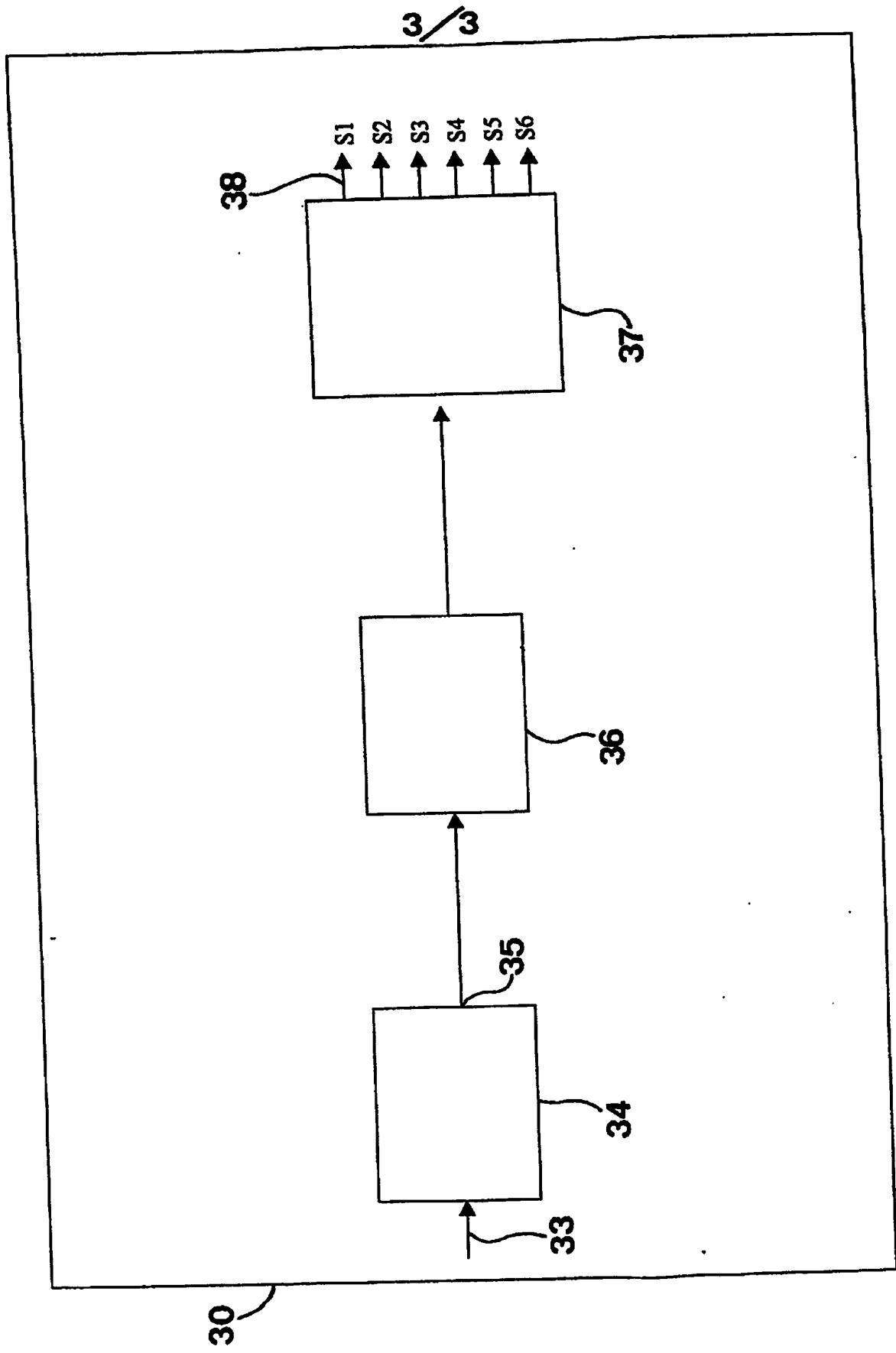


Fig 3